10.22092/sppi.2021.123896

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۶، شماره ۴، سال ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی مقاومت به زنگ قهوه‌ای(*Puccinia tritici* Eriks.) در مرحله گیاهچه‌ای در ژنوتیپ‌های گندم

Evaluation of Resistance to Leaf Rust (*Puccinia tritici* Eriks.) at Seedling Stage in Wheat Genotypes

صبا دلفان[۱]، محمدرضا بی‌همتا[۲]، سید طه دادرضایی[۳]، علیرضا عباسی[۴] و هادی علی پور[۵]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- استاد، دانشکده کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴- دانشیار، دانشکده کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۵- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲   ۱۳۹۹/۰۹/۱۷

چکیده

دلفان، ص.، بی‌همتا، م. ر.، دادرضایی، س. ط.، عباسی، ع. ر. و علی پور، ه. ۱۳۹۹. ارزیابی مقاومت به زنگ قهوه‌ای(*Puccinia tritici* Eriks.) در مرحله گیاهچه‌ای در ژنوتیپ‌های گندم. **مجله نهال و بذر۳۶:** ۵۰۸-۴۸۳.

بیماری زنگ قهوه‌ای گندم با عامل *Puccinia triticina* Eriks ازلحاظ وسعت پراکندگی و میزان خسارت مهمترین بیماری گندم می‌باشد. استفاده از ارقام مقاوم مؤثرترین روش برای کنترل این بیماری می‌باشد. به‌منظور بررسی مقاومت گیاهچه‌ای ۳۲۰ ژنوتیپ گندم شامل ارقام اصلاح شد و ژنوتیپ ها بومی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار با چهار پاتوتیپ زنگ قهوه‌ای در شرایط گلخانه‌ای واحد بیماری‌شناسی غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال ۱۳۹۹ انجام شد. جهت بررسی مقاومت از دو جزء تیپ آلودگی و دوره نهان استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها برای هر دو جزء تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. در میان ژنوتیپ‌ها، ارقام دهدشت، دنا، کرج ۲، خزر ۱، سپاهان و پارسی و هفت ژنوتیپ بومی نسبت به تمام پاتوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه‌ای مقاوم بودند. همبستگی دو جزء تیپ آلودگی و دوره نهان منفی و معنی‌دار بود. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سه گروه حساس، نیمه‌حساس تا نیمه‌مقاوم و مقاوم تا مصون طبقه‌بندی شدند. بیش از ۷۸ درصد از ژنوتیپ‌ها در گروه حساس جای گرفتند. ژنوتیپ‌های مقاوم شناسایی‌شده، مخصوصاً ژنوتیپ های بومی، می‌توانند به‌عنوان منابع مقاومت به زنگ قهوه ای در برنامه‌های به نژادی گندم نان استفاده شوند.

واژه های کلیدی: گندم، دوره نهان، تیپ آلودگی، مقاومت گیاهچه‌ای، تجزیه خوشه‌ای.

نگارنده مسئول: mrghanad@ut.ac.ir   تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۷۶۰۸

مقدمه

گندم یکی از محصولات راهبردی است که ازنظر سطح و ارزش غذایی دارای اهمیت بسیار بالایی می‌باشد. بیماری‌ها ازجمله عوامل محدودکننده مهمی هستند که عملکرد و کیفیت محصول گندم را کاهش می‌دهند. در این میان زنگ‌ها با داشتن نژادهای فیزیولوژیک متعدد، توان بیماری‌زائی بالا، گسترش وسیع در سطح جهان، تغییرپذیر بودن عامل بیماری و شکستن ژن‌های مقاومت در میزبان، باعث ایجاد آلودگی‌های شدید و کاهش عملکرد می‌شوند (Alexopoulos *et al*., 1996).

زنگ قهوه‌ای گندم (Brown rust) یا زنگ برگ (Leaf rust) که توسط قارچ *Puccinia triticina* Eriks ایجاد می‌شود، ازلحاظ وسعت پراکندگی و میزان خسارت در دنیا، مهمترین بیماری گندم است (Kolmer, 2013). در ایران این بیماری ازنظر اهمیت پس از بیماری زنگ زرد (*P. striiformis* f. sp. *tritici*) قرار دارد ولی گستردگی آن از زنگ زرد بیشتر است و در سال‌هایی که به‌صورت همه‌گیر ظاهر می شود باعث کاهش چشمگیر محصول در مناطق جنوب، غرب و شمال کشور می‌شود (Torabi *et al*., 2003).

مقاومت ژنتیکی مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش برای کنترل این بیماری می‌باشد (Marasas *et al*., 2004). بر اساس مرحله رشدی مقاومت به دو دسته مقاومت گیاهچه‌ای (Seedling resistance) و مقاومت گیاه کامل (Adult plant resistance) تقسیم می‌شود (Dinh *et al*., 2020). مقاومت گیاهچه‌ای در تمام مراحل رشد گیاه تظاهر پیدا می کند و به همین دلیل به آن مقاومت کل مراحل رشد (ASR: All stage resistance) نیز می‌گویند. این مقاومت اغلب اختصاصی می باشد و سطح بالایی از مقاومت را ایجاد می کند اگرچه به‌راحتی توسط تغییر در پرآزاری پاتوژن‌های زنگ شکسته می‌شود (Jin *et al*., 2010; Dinh *et al*., 2020).

در مقابل مقاومت گیاه کامل در مراحل بعد از گیاهچه‌ای مؤثر است، اغلب مقاومت غیراختصاصی است و پایدار است (Line, 2002). اگرچه اثر تمام ژن‌های مقاومت توسط عوامل محیطی مثل دما، شدت بیماری، نژادهای پاتوژن و زمینه ژنتیکی تحت تأثیر قرار می گیرد، بااین‌حال اثر محیط روی ژن‌های مقاومت غیراختصاصی بیشتر است. مقاومت غیراختصاصی، مقاومت جزئی (Partial resistance) نیز نامیده می‌شود.

تاکنون ۷۹ ژن مقاومت زنگ قهوه‌ای (*Lr1_Lr79*) شناسایی‌شده است که اکثر این ژن‌ها مقاومت گیاهچه‌ای دارند (McIntosh *et al*., 2014; Dinh *et al*., 2020) و تعداد کمی مقاومت غیراختصاصی دارند شامل *Lr34* روی 7DS (Dyck 1987)، *Lr46* روی 1BL (Singh *et al*., 1998)، *Lr67* روی 4DL (Hiebert *et al*. 2010) و *Lr68* روی 7BL (Herrera Foessel *et al*., 2012).

مؤثرترین راهبرد حفظ گندم از زنگ ها ایجاد ارقامی با هر دو ژن مقاومت گیاه کامل و مقاومت گیاهچه‌ای می‌باشد. استفاده از مقاومت گیاهچه‌ای برای حفاظت گیاهان در طول مراحل اولیه رشد در محیط‌هایی که مساعد ایجاد بیماری اول فصل هستند، لازم است. بعلاوه، ژن‌های مقاومت گیاه کامل، برای حفاظت گیاهان در مرحله بحرانی از رشد و در دماهای بالا لازم هستند (Qayoum and Line, 1985; Chen, 2005). پیش‌نیاز استفاده مستقیم از ژن‌های مقاومت به زنگ ها در برنامه‌های به‌نژادی، شناسایی این ژن‌ها در منابع مختلف و به‌ویژه در ارقام گندم است.

ارزیابی مقاومت می‌تواند با استفاده از شاخص‌های مرتبط با مقاومت انجام شود به‌طوری‌که هرکدام از اجزای مقاومت به‌صورت مجزا یا باهم قادر به تعیین پارامترهای ژنتیکی جامعه باشند (Allen *et al*., 1998). یکی از اجزای مرتبط با مقاومت که پرکاربردترین آن است تیپ آلودگی (Infection type) می‌باشد. تیپ آلودگی اثرمتقابل بین میزبان و عامل بیماری است، بنابراین می‌تواند برای توصیف مقاومت و همچنین ظاهر ساختن پرآزاری عامل بیماری مورداستفاده قرار گیرد. دادرضائی و همکاران (Dadrezaei *et al*., 2015) نشان دادند که بر اساس واکنش تیپ آلودگی حدود ۱۹ درصد از ژنوتیپ‌ها (۱۲۴ ژنوتیپ) نسبت به جدایه‌های مورداستفاده آزمایش مقاومت دارند. ابراهیمیان و همکاران نیز بر اساس این صفت تنوع بالایی را بین ارقام برای مقاومت به زنگ قهوه‌ای گزارش کردند (Ebrahimian *et al*., 2019).

یکی دیگر از اجزای مقاومت دوره نهان آلودگی (Latent period) می‌باشد. دوره نهان جز بسیار مهمی از مقاومت نسبی در زنگ‌های غلات است. چون زنگ‌ها چند چرخه‌ای هستند، با افزایش دوره نهان از سرعت گسترش اپیدمی کاسته می‌شود (Vale *et al*., 2001). ساده‌ترین تعریف برای دوره نهان آلودگی، تعداد روز از مایه‌زنی تا ظهور اولین جوش بر روی برگ است (Shaner, 1980). بنابراین هر چه دوره نهان یک بیماری کمتر باشد نشان از حساسیت بیشتر گیاه دارد. شانر و هس (Shaner and Hess, 1978) در آزمایشی با بررسی مقاومت دو رقم Suwon 85 و PGo 28 نسبت به زنگ قهوه‌ای دوره نهان را به‌عنوان یک جز از مقاومت با کمترین خطای قابل‌اندازه‌گیری معرفی کردند و آن را یک جز مقاومت بسیار مفید برای انتخاب گیاهان مقاوم در شرایط گلخانه دانستند.

تکامل مداوم نژادهای زنگ قهوه‌ای با قدرت پرآزاری جدید منجر به حساسیت برخی از ارقام گندم می شود. بنابراین جستجو برای پیدا کردن منابع جدید مقاومت برای کنترل و مدیریت این بیماری مهم لازم است. ارقام بومی گندم منبعی بالقوه از ژن‌های مقاومت جدید هستند، چون این ارقام به نسبت کمتری در

اصلاح نباتات مدرن استفاده‌شده اند. علاوه بر این مطالعات نشان داده‌اند که ارقام بومی گندم می‌توانند منبع خوبی از مقاومت به زنگ قهوه‌ای، زنگ زرد و زنگ سیاه باشند (Kerto *et al*., 2015).

هدف از این پژوهش ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های گندم بر اساس اجزای مقاومت به زنگ قهوه‌ای در مرحله‌ی گیاهچه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۳۲۰ ژنوتیپ گندم شامل ارقام تجاری و ژنوتیپ های بومی گندم ایران از کلکسیون بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران دریافت شد (جداول ۱ و ۲). ژنوتیپ های بومی آزمایش تک سنبله بود که برای ازدیاد بذر در نیمه آبان سال ۱۳۹۷ در خطوط جداگانه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج کشت شدند. به‌علاوه به‌منظور اطمینان از خلوص بیشتر، در مرحله‌ی رسیدگی و قبل از برداشت بذر از خطوط از نظر خصوصیات مورفولوژی از قبیل شکل سنبله بررسی شد و بوته‌های متفاوت حذف شدند.

ارزیابی ژنوتیپ‌های موردنظر در مرحله گیاهچه‌ای نسبت به نژادهای غالب زنگ قهوه‌ای در کشور شامل چهار پاتوتیپ LR-98-1 (بایع کلا)، LR-98-12 (شاوور)، LR-98-14 (صفی‌آباد دزفول) و LR-98-15 (ایلام) در گلخانه‌های تحقیقاتی واحد بیماری‌های غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج ارزیابی شد. مشخصات پاتوتیپ‌های مورداستفاده در جدول ۳ آورده شده است.

نمونه‌های پاتوتیپ به شکل برگ‌های آلوده به زنگ قهوه‌ای در هوای آزاد در حرارت ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. پس از ثبت مشخصات و اختصاص یک کد در واحد بیماری های بخش تحقیقات غلات در یخچال نگه‌داری شدند. سپس نمونه‌های برگی روی رقم حساس بولانی احیا و اسپور آن‌ها تکثیر شد. برای احیا نمونه‌های جمع‌آوری شده، ابتدا نمونه‌های برگی را در شرایط رطوبت ۱۰۰ درصد به‌مدت دو ساعت قرار داده شدند تا نمونه‌ها شروع به اسپورزایی کردند. پس از اسپورزایی نمونه‌های برگی به‌صورت مالشی برگ به برگ روی گیاهچه‌های حساس رقم بولانی مایه‌زنی شدند.

بعد از مایه‌زنی تمام گلدان‌های مایه‌زنی شده ابتدا در شرایط ۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد، رطوبت اشباع و تاریکی به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس به گلخانه‌های زنگ قهوه‌ای با دمای ۲۴-۲۲ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. به‌منظور جلوگیری از احتمال آلودگی ناخواسته (Cross contamination) پاتوتیپ‌ها با یکدیگر، پاتوتیپ‌ها از ابتدا تا انتهای آزمایش به‌صورت مجرا زیر سرپوش شفاف کریستالی قرار داده شدند. نمونه‌ها تا زمان اسپوردهی در دمای فوق به‌مدت ۱۶ ساعت نور ۱۶۰۰۰ لوکس و ۸ ساعت تاریکی نگه داشته شدند و سپس بعد

جدول ۱- ارقام گندم استفاده شده در آزمایش

Table 1. Wheat varieties used in the experiment

شماره No.	رقم Variety	شجره Pedigeree	سال آزاد سازی Year of release
1	Roshan	Selection in landraces	1960
2	Tous	SPN/MCD//CAM/3/NZR	2002
3	Moghan2	LR64A/HUAR	1974
4	Shahpassand	Selection in landraces	1942
5	Hirmand	Byt/4/Jar//Cfn/Sr70/3/jup"s"	1991
6	Dehdasht	Capetiti	2008
7	Ohadi	Selection in landraces	2010
8	Neishabour	1-63-31/3/12300/TOB//CNO67/SX	2006
9	Akbari	1-63-31/3/12300/TOB//CNO67/SX	2006
10	Arya	Stork	2003
11	Mahdavi	TI/PCH/5/MT48/3/WTE*3/NAR59/TOTA63/4/MUS	1995
12	Shiroodi	ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO/4/VEE#5	1997
13	Moghan3	Luan/3/V763.23/V879.c8//Pvn/4/Picus/5/Opata	2006
14	Dastjerdi	Selection in landraces	1960
15	Tabasi	Selection in landraces	1951
16	Tak-Ab	Manning/Sdv1//Dogu88	2002
17	Rashid	N.P.7881/AZAR 2/588	1968
18	Zare	130L1.11//F35.70/MO73/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA	2010
19	Homa	A pure line of Sardari	2009
20	Vee/Nac	Veery#5/NacozariF76	1997
21	Akova	Introduction no.32338	1957
22	Darab1	RSH/IRN 149(60-61)//C271	1980
23	Qabous	Kauz/Pastor//Bav92/Rayon	2014
24	Sabalan	(908//FN/A12)1-32-4382	1980
25	Maroon	AVD/PCHU/5/N10/BR21.1C//KT54B/3/NAR59/1093/4/7C	1991
26	Sirvan	PRL/2*PASTOR	2012
27	Alborz	FN/MD//K117A/3/2*CLLF/4/SON64/KLRE/3/CNO//LR64*2/SON64	1978
28	Marvdasht	HD2172/BLOUDAN//AZADI	1999
29	Gahar	ND/VG9144//KAL/BB/3/YACO'S'/4/VEE#5	1996
30	Naz	II12300//LR64A/8156/3/NOR67	1978
31	Omid	Selection in landraces	1956
32	Biston	9-36/592/PIEVE or 9-36-562/PIAVE	1980
33	Azar2	KVZ/TI//MAYA/26591-1T-7M-OY-115Y-OM/3/SEFID	1997
34	Shiraz	GV/D6301//ALD/3/AZADI or GAVILAN,MEX/D-630//(SIB)ALONDRA/3/AZA	2002
35	Mihan	Barkat/90Zhong87	2010
36	Fong	AWNED-WHITE-4(ROM)/LOVRIN-10	
37	Seimareh	JO69/HAU	1996
38	Dena	KKV5/AIX	2007
39	Hamoon	FALAT/RSH	2002
40	Alvand	1-27-6275/CF 1770 or CF17170 1-22-11	1995
41	Yavaros79	JORI-69"S"/ANHINGA"S"//FLAMINGO	
42	Pishtaz	ALVAND//ALDAN/IAS 58	2002
43	Arta	HD2206/Hork//Bul/6/CMH80A.253/2/M2A/CML//Ald*4/5/BH1146/H56.71//BH1 146/3/CMH78.390/4/Seri 82/7/Hel/3*Cno79/7/2*Seri 82	2006
44	Inia66	LR64/SN64	1969
45	Reyhani	Selection in landraces	1942
46	Karim	Triticum aestivum/Sprw "s"//CA8055/3/Baconora88	2011
47	Karaj1	200H/VFN/RSH	1974
48	Dez	KAUZ*2/OPATA//KAUZ	2002
49	Chamran2	Attila 50Y//Attila/Bacanora	2013
50	Nicknejad	F134-71/CROW'S'	1995

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱-

شماره No.	رقم Variety	شجره Pedigeree	سال آزاد سازی Year of release
51	Frontana	FRONTEIRA/MENTNA	-
52	Mv17	SLAVIA/MV-TF//BARANJK	1993
53	Bahar	HD2172/3/BB/2*7C//Y50E/3*KAL	2007
54	Sardari	Selection in landraces	1930
55	Rasoul	Veery"s" = Kvz/Buho"s"//Kal/Bb	1992
56	Atrak	JUP/BJY'S'//URES	1995
57	Bayat	PUNJAB-76/CHENAB-70	1976
58	Falat	KVZ/BUHO//KAL/BB	1990
59	Darab2	MAYA'S'/NAC	1995
60	Tajan	BOW/NKT	1995
61	Kavir	Stm/3/Kal//V543/Jit716	1997
62	Bam	VEE#5/NAC//1-66-22	2006
63	Kaveh	FTA/PL	1980
64	Moghan1	LR/N10B//3*ANE	1974
65	Darya	Sha4/Chil	2006
66	Uroum	Alvand//Ns732/Her	2009
67	Bezostaya	LUTESCENS17/SKOROSPELKA2	1969
68	Ofogh	GF-gy54/Attila	2012
69	Azar	Selection in landraces	1957
70	Sistan	Bank"s"/Veery"s"	2006
75	Gascogne	D-6301/NAINARI-60/WEIQUE/RED-MACE/3/CIANO-67*2/CHRIS	
76	Zarrin	NAI60/HVII//BUC/3/F59.71/GHK	1995
77	Deyhim	Selection in landraces	1968
78	Sharyar	KVZ/TI//MAYA/26591-1T-7M-OY-115Y-OM/3/1-44-21863/4/ANZA/3/PI/NAR59//	2002
79	Adl	TK/SHAHPASSAND	1976
80	Panjamo 62	FKN/N108	1968
81	Pishgam	Bkt/90Zhong87	2008
82	Sivand	Kauz"S"/Azd	2009
83	Shahi	Selction in landraces	1967
84	Arvand	RSH/3/MTA//KY/MAYO58	1974
85	Morvarid	MILAN/SHANGHAI-7	2009
86	Tobari66	TEZANSON-PINTOS-PRECOZ/SONORA-64-A	1969
87	Shanghai	(M)YANGMAI-1	
88	Karaj3	DRC/MXP//ISWRN-297/3/NAI60	1974
89	Golestan	D6301/NAI60//WRM/3/CNO*2/CHR	1986
90	Star	LFN/SDY//PVN	1995
91	Azadi	4820/1.32.15409//Mexipak	1979
92	Aflak	HD160/5/Tob/Cno/23854/3/Nai60//Tit/Son64/4/LR/Son64	2010
93	Khazar1	P4160//SN64/LR64	1974
94	Zagros	TAN'S'/VEE'S'//OPATA	1996
95	Sisons	IENA(JENA)/(HYBRID-NATUREL)HN-35	-
96	Karkheh	Shwa/Mald/Aaz	2002
97	Ghods	RHS/5/WT/4/NOR10/K54*2//FN/3/PTR/6/OMID//KAL/BB	1988
98	Rijaw	PATO/CAL/3/7C//BB/CNO/5/CAL//CNO/SN64/4/CNO//BAD/CHR/3/KL../6/SABALAN	2011
99	Sepahan	AZADI/5/L2453/1347/4/KAL//BB/KAL/3/Y50E/3*KAL	2006
100	Parsi	Dove"S"/Buc"S"//2*Darab1	2009
101	80918na	NA	
102	DN-11	Attila*2/PBW65	-
103	4820	Selection in international germplasm	1951

Table 2. Wheat landraces used in the experiment

جدول ۲- ارقام بومی گندم استفاده‌شده در آزمایش

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	Col-ID	سال Year	محل جمع آوری Collection location	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	Col-ID	سال Year	محل جمع آوری Collection location	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	Col-ID	سال Year	محل جمع آوری Collection location
104	626154	NA	NA	NA	149	624900	286	1960	Kordestan-Bijar	193	627987	392	1959	Zanjan-Zanjan
105	627036	282	1959	Lorestan-Borojerd	150	627054	170	1960	Gilan-Roudbar	194	624582	174	1959	Hamedan-Hamedan
106	626156	211	1950	Kerman-Kerman	151	626223	372	1966	Sistan-Balouchestan-Zahedan	195	623909	79	1957	Bakhtaran-Kermanshah
107	627852	370	1966	Sistan-Baloochestan-Zabol	152	627189	228	1961	Khorasan-Bojnourd	196	627616	104	1956	Isfahan-Isfahan
108	628114	143	1964	Esfahan-Sgahreza	153	627466	NA	NA	NA	197	627102	359	6019	Zanjan-Roudbar
109	624985	156	1959	Ghavzin-Ghazvin	154	627423	174	1959	Hamedan-Hamedan	198	623109	381	1964	Yazd-Dastjerd
110	624837	203	1959	Ilam-Ilam	155	627410	37	1959	Azarbayjan-Sharghi- Maragheh	199	623091	247	1957	Khorasan-Mashhad
111	623473	203	1939	Ilam-Ilam	156	625080	308	1961	Markazi-Saveh	200	625433	247	1959	Khorasan-Mashhad
112	627359	311	1939	Markazi-Arak	157	627842	211	1966	Kerman-Kerman	201	623161	10	1961	Azarbayjan-Gharbi-Mahabad
113	627038	282	1959	Lorestan-Borojerd	158	627043	14	1959	Azarbayjan-Gharbi- Rezaeih	202	626699	203	1957	Ilam-Ilam
114	621704	156	1948	Ghavzin-Ghazvin	159	624956	376	1948	Tehran-Tehran	203	627873	392	1959	Zanjan-Zanjan
115	626566	104	1964	Esfahan-Esfahan	160	626261	372	1966	Sistan-Balouchestan-Zahedan	204	622379	247	1961	Khorasan-Mashhad
116	623508	79	1968	Bakhtaran-Kermanshah	161	628084	357	1959	Mazandaran-Sari	205	627497	NA	NA	NA
117	621735	156	1948	Ghavzin-Ghazvin	162	625047	308	1961	Markazi-Saveh	206	627587	284	1959	Kordestan-Baneh
118	623338	153	1961	Fars-Shiraz	163	626158	211	1950	Kerman-Kerman	207	623127	14	1959	Azarbayjan-Gharbi- Rezaeih
119	621668	376	1931	Tehran-Tehran	164	624925	186	1959	Hamedan-Malayer	208	623507	79	1968	Bakhtaran-Kermanshah
120	624320	NA	NA	NA	165	621619	286	1959	Kordestan-Bijar	209	621650	376	1931	Tehran-Tehran
121	621421	292	1959	Kordestan-Kordestan	166	627299	381	1968	Yazd-Dastjerd	210	627066	214	1961	Kerman-Rafsanjan
122	624240	203	1959	Ilam-Ilam	167	623291	197	1959	Hamedan-Toyserkan	211	627787	52	1959	Azarbayjan-Sharghi- Tabriz
123	623344	68	1957	Bakhtaran-Gilan-Gharab	168	627849	370	1966	Sistan-Balouchestan-Zabol	212	623139	53	1961	Fars-Shiraz
124	624941	376	1931	Tehran-Tehran	169	626978	104	1964	Esfahan-Esfahan	213	621908	317	1939	Markazi-Arak
125	621716	156	1948	Ghazvin-Ghazvin	170	627072	398	1959	Zanjan-Zanjan	214	624944	376	1946	Tehran-Tehran
126	627236	242	1961	Khorasan-Gonabad	171	626908	216	1961	Kerman-Sirjan	215	624846	203	1957	Ilam-Ilam
127	624911	190	1959	Hamedan-Nahavand	172	623421	52	1959	Azarbayjan-Sharghi- Tabriz	216	623428	52	1959	Azarbayjan-Sharghi- Tabriz
128	624990	156	1947	Ghazvin-Ghazvin	173	623090	94	1940	Bakhtaran-Shahabad	217	622894	104	1964	Esfahan-Esfahan
129	627484	379	1964	Yazd-Ardakan	174	626234	372	1966	Sistan-Balouchestan-Zahedan	218	623162	10	1961	Azarbayjan-Gharbi- Mahabad
130	627688	131	1963	Esfahan-Naien	175	627853	370	1966	Sistan-Balouchestan-Zabol	219	628189	203	1959	Ilam-Ilam
131	627416	91	1959	Bakhtaran-Sanjabi	176	624805	65	1959	Bakhtaran-Ghasr Shirin	220	624318	NA	NA	NA
132	625661	247	1939	Khorasan-Mashhad	177	621565	174	1958	Hamedan-Hamedan	221	626215	211	1956	Kerman-Kerman
133	625081	308	1961	Markazi-Saveh	178	626706	186	1959	Hamedan-Malayer	222	627414	74	1957	Bakhtaran-Kangavar
134	627061	311	1939	Markazi-Arak	179	622063	398	1959	Zanjan-Zanjan	223	627399	394	1959	Zanjan-Manjil
135	624315	292	1961	Kordestan-Kordestan	180	626747	379	1964	Yazd-Ardakan	224	623318	379	1964	Yazd-Ardakan
136	627103	357	1961	Mazandaran- Sari	181	626573	104	1964	Esfahan-Esfahan	225	627963	174	1947	Hamedan-Hamedan

Table 2. Continued

ادامه جدول ۲-

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	Col-ID	سال Year	محل جمع آوری Collection location	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	Col-ID	سال Year	محل جمع آوری Collection location	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	Col-ID	سال Year	محل جمع آوری Collection location
137	623475	203	1940	Ilam-Ilam	182	622247	364	1956	Mazandaran-Sari	226	621706	156	1940	Ghazvin-Ghazvin
138	624596	174	1959	Hamedan-Hamedan	183	627990	55	1959	Bakhtaran-Bakhtaran	227	626358	104	1964	Esfahan-Esfahan
139	626744	NA	NA	NA	184	626226	372	1959	Sistan-Balouchestan-Zahedan	228	623980	197	1958	Hamedan-Toyserkan
140	623506	79	1968	Bakhtaran-Kermanshah	185	626924	161	1960	Gilan-Astara	229	626776	226	1961	Khorasan-Birjand
141	623510	3	1959	Azarbayjan-Gharbi- Uroumia	186	622084	359	1959	Mazandaran-Sari	230	625127	327	1966	Markazi-Arak
142	627845	370	1966	Sistan-Balouchestan-Zabol	187	626482	NA	NA	NA	231	623503	203	1940	Ilam-Ilam
143	627856	364	1940	Mazandaran-Sari	188	624849	203	1957	Ilam-Ilam	232	627881	62	1959	Azarbayjan-Sharghi-Tabriz
144	627360	214	1961	Kerman-Rafsanjan	189	624576	174	1959	Hamedan-Hamedan	233	623377	217	1950	Kerman-Soofi Abad
145	627883	52	1959	Azarbayjan-Sharghi- Tabriz	190	626904	42	1939	Azarbayjan-Sharghi-mianeh	234	627948	308	1959	Markazi-Saveh
146	623379	210	1956	Kerman-Jiroft	191	626895	37	1941	Azarbayjan-Sharghi-Maragheh	235	624818	203	1931	Ilam-Ilam
147	624910	190	1959	Hamedan-Nahavand	192	627057	162	1961	Gilan-Fooman	236	623345	284	1959	Kordestan-Baneh
148	623908	79	1957	Bakhtaran-Kermanshah	193	627987	392	1959	Zanjan-Zanjan	237	627908	311	1959	Markazi-Arak
241	627417	91	1959	Bakhtaran-Sanhabi	269	623905	79	1975	Bakhtaran-Kermanshah	297	623123	153	1961	Fars-Shiraz
242	628088	311	1959	Markazi-Arak327	270	627460	255	1961	Khorasan-Sabzevar	298	623069	104	1964	Esfahan-Esfahan
243	626933	200	1961	Hormozgan-Bandar Abbas	271	627760	25	1959	Azarbayijan-Sharghi- Azar Shahr	299	624901	286	1960	Kordestan-Bijar
244	623125	153	1961	Fars-Shiraz	272	625362	348	1962	Mazandaran-Babol	300	624215	174	1959	Hamedan-Hamedan
245	624980	156	1959	Ghazvin-Ghazvin	273	623274	68	1957	Bakhtaran-Gilan gharb	301	624861	203	1959	Ilam-Ilam
246	625281	164	1960	Gilan-Gilan	274	626736	255	1961	Khorasan-Sabzevar	302	627055	375	1960	Zanjan-Roudbar
247	623382	210	1956	Kerman-Jiroft	275	624585	174	1959	Hamedan-Hamedan	303	626932	200	1961	Hormozgan-Bandar Abbas
248	624580	174	1959	Hamedan-Hamedan	276	624864	203	1959	Ilam-Ilam	304	624838	203	1959	Ilam-Ilam
249	626883	151	1961	Fars-Shiraz	277	625123	327	1966	Markazi-Kashan	305	621736	156	1948	Ghazvin-Ghazvin
250	623136	10	1941	Azarbayjan-Gharbi-Mahabad	278	626764	384	1964	Yazd-Yazd	306	621869	311	1959	Markazi-Arak
251	626923	161	1960	Gilan-Astara	279	624804	65	1959	Bakhtaran-Ghasr Shirin	307	621910	NA	NA	NA
252	627099	283	1959	Lorestan-Khoram Abad	280	626846	384	1964	Yazd-Yazd	308	628012	55	1959	Bakhtaran-Bakhtaran
253	626260	372	1961	Sistan-Balouchestan-Zahedan	281	626814	104	1961	Esfahan-Esfahan	309	622099	164	1959	Gilan-Rasht
254	623176	225	1961	Khorasan-Birjand	282	626825	143	1961	Esfahan-Shahreza	310	622105	164	1956	Gilan-Rasht
255	621492	55	1959	Bakhtaran- Bakhtaran	283	624251	203	1959	Ilam-Ilam	311	621420	174	1959	Hamedan-Hamedan
256	627723	384	1940	Yazd-Yazd	284	623953	65	1957	Bakhtaran-Ghase Shirin	312	623266	14	1947	Azarbaiyjan Gharbi-Rezaeih
257	626565	104	1964	Isfahan-Isfahan	285	626855	344	1961	Markazi-Varamin	313	621712	156	1959	Ghazvin-Ghazvin
258	624946	376	1948	Tehran-Tehran	286	623008	104	1964	Isfahan-Isfahan	314	620903	3	1959	Azarbaiyjan Gharbi-Uroumia
259	624894	286	1959	Kordestan-Bijar	287	621669	376	1931	Tehran-Tehran	315	625139	311	1939	Markazi-Arak
260	626958	14	1961	Azarbayjan-Gharbi- Rezaeih	288	624939	376	1931	Tehran-Tehran	316	622098	164	1957	Gilan-Rasht
261	623417	370	1966	Sistan-Balouchestan-Zabol	289	626360	104	1964	Isfahan-Isfahan	317	625263	359	1959	Mazandaran- Sarii
262	624378	55	1959	Bakhtaran-Bakhtaran	290	624983	156	1959	Ghavzin-Ghazvin	318	622264	348	1962	Mazandaran-Babol
263	626872	153	1960	Fars-Shiraz	291	627551	19	1953	Ardabil-Ardabil	319	622272	347	1962	Mazandaran-Amol
264	624381	55	1959	Bakhtaran-Bakhtaran	292	621717	156	1960	Ghavzin-Ghazvin	320	627905	347	1959	Mazandaran-Amol
265	625810	247	1961	Khorasan-Mashhad	293	624863	203	1959	Ilam-Ilam					

جدول ۳. پاتوتیپ‌های زنگ قهوه‌ای استفاده‌شده برای ارزیابی ژنوتیپ های گندم

Table 3. Leaf rust pathotypes used to evaluate wheat genotype

Isolate code	Site of collection	Ineffective genes	Effective genes
LR-98-1	Bayekola, Mazandaran	*Lr22b, Lr1, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg,Lr10, Lr11, Lr12, Lr13, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr16, Lr17, Lr18, Lr20, Lr21, Lr22a, Lr23, Lr24,Lr25, Lr26, Lr30, Lr32, Lr33, Lr34, Lr35, Lr36, Lr37, Lrb, Lr13*	*Lr2a, Lr2b, Lr9, Lr19,(Lr10, Lr27+Lr31), Lr28, Lr29*
LR-98-12	Shavour, Khuzestan	*Lr22b, Lr1, Lr2b, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg,Lr10, (Lr10, Lr27+Lr31), Lr11, Lr12, Lr13, Lr14a, Lr14b, Lr15, Lr17, Lr18, Lr20, Lr21, Lr22a, Lr23, Lr24, Lr25, Lr26, Lr28, Lr29, Lr30, Lr32, Lr33, Lr34, Lr35, Lr36, Lr37, Lrb, Lr13*	*Lr2a, Lr9, Lr16, Lr19*
LR-98-14	Safi Abad, Khuzestan	*Lr22b, Lr1, Lr2b, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg,Lr10, Lr11, Lr12, Lr13, Lr14a, Lr14b, Lr17, Lr18, Lr20, Lr21, Lr22a, Lr23, Lr24,Lr25, Lr26, Lr28, Lr30, Lr32, Lr33, Lr34, Lr35, Lr36, Lr37, Lrb, Lr13*	*Lr2a, Lr9, (Lr10, Lr27+Lr31), Lr15, Lr16, Lr19, Lr29*
LR-98-15	Ilam, Ilam	*Lr22b, Lr1, Lr2c, Lr3, Lr3ka, Lr3bg,Lr10, Lr11, Lr12, Lr13, Lr14a, Lr14b, Lr17, Lr18, Lr20, Lr21, Lr22a, Lr23, Lr24,Lr25, Lr26, Lr28, Lr30, Lr32, Lr33, Lr34, Lr35, Lr36, Lr37, Lrb, Lr13*	*Lr2a, Lr2b, Lr9, (Lr10, Lr27+Lr31), Lr15, Lr16, Lr19, Lr29*

از ۲۰-۱۴ روز برای تکثیر اسپور از نمونه‌هایی که تولید اسپور نمودند مجددا به رقم بولانی مایه‌زنی شدند و این چرخه تا تکثیر نمونه‌ها به مقدار کافی ادامه یافت.

واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به هرکدام از پاتوتیپ‌های موردمطالعه در بهار سال ۱۳۹۹ انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار انجام شد. در کلیه آزمایش‌ها، تعداد هفت بذر از هر ژنوتیپ در گلدان‌های حاوی خاک‌برگ، ماسه و خاک مزرعه کشت و در شرایط گلخانه‌ای (در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) نگهداری شدند و آبیاری به طریقه نشتی انجام شد. پس از ۱۰-۸ روز از کشت بذور با کامل شدن برگ اول، گیاهچه‌ها آماده مایه‌زنی شدند. مایه‌زنی به روش مالشی و همچنین مخلوط پودر تالک و اسپور زنگ (۴:۱) انجام گرفت.

پس از مایه‌زنی، گلدان‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در اتاق تاریک و سرد با دمای ثابت ۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی اشباع (۱۰۰ درصد) در زیر سرپوش شفاف کریستالی نگهداری شدند. پس‌ازآن گلدان‌ها به گلخانه‌های با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۵ درصد، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی طبیعی و هشت ساعت تاریکی منتقل شدند. صفات دوره نهان و تیپ آلودگی برای ژنوتیپ‌های موردنظر ثبت شد.

برای اندازه‌گیری دوره نهان (تعداد روز از مایه‌زنی تا ظهور اولین جوش) بعد از مایه‌زنی، گیاهچه‌هاهر روز به‌دقت بررسی و در صورت مشاهده اولین جوش یک حلقه سیمی رنگی دور آن انداخته‌شد که دربررسی‌های بعدی منظور نشود. برای گیاهچه‌هایی که جوش روی آن مشاهده نشد برای آنالیزهای آماری عدد فرضی ۱۲ در نظر گرفته شد. حدود ده روز بعد از مایه‌زنی تیپ‌های آلودگی ایجادشده روی ژنوتیپ‌های موردنظر بر اساس روش استاکمن و همکاران (Stackman *et al.*, 1962) در مقیاس ۴-۰ یادداشت‌برداری شد. کلیه بوته‌های هر کرت برای تعیین واکنش نهایی هر ژنوتیپ در نظر گرفته شدند. در مواردی که هفت بوته واکنش یکسان نداشتند (بعنوان مثال از هفت بوته یک بوته واکنش متفاوت داشت)، تک بوته مورد نظر به‌عنوان احتمال اختلاط بذری در نظر گرفته شد. در مواردی که تصمیم‌گیری با شک مواجه بود جهت اطمینان از واکنش نهایی ژنوتیپ مورد نظر آزمایش بار دیگر تکرار شد.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، داده‌های تیپ آلودگی (۴-۰) با استفاده از روش (Zhang *et al.*, 2014) به مقیاس‌های عددی تبدیل شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد. تجزیه همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS 16.0 و گروه‌بندی نمونه‌های موردبررسی ازنظر مقاومت به زنگ قهوه‌ای با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر اساس فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار RStudio انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها برای هر چهار پاتوتیپ نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد میان ژنوتیپ های موردبررسی ازنظر هر دو صفت دوره نهان و تیپ آلودگی وجود دارد (جدول ۴) که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در ژرم پلاسم موردنظر می‌باشد که می‌توان از این تنوع ژنتیکی در برنامه به نژادی گندم نان برای مقاومت در برابر زنگ قهوه‌ای بهره جست.

در پژوهشی بر روی ۴۸۳ ژنوتیپ گندم بهاره تنوع ژنتیکی قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده شد (Kumar *et al*., 2020). در بررسی زنگ قهوه‌ای روی ۳۳۱ ژنوتیپ گندم نان، تیپ آلودگی از ۰ (مصون) تا ۴ (خیلی حساس) مشاهده شد که نشان از تنوع ژنتیکی بالا بود (Sapkota *et al*., 2019). تنوع ژنتیکی برای دو صفت دوره نهان و تیپ آلودگی در مطالعات دیگری نیز گزارش‌شده است (Bihamta *et al*., 2013; Khodarahmi *et al*., 2014; Mirzania *et al*., 2015; Kerto *et al*., 2015; Mohajervatan *et al*., 2016; Ebrahimian *et al*., 2019).

به‌منظور بررسی وجود تفاوت بین واکنش ژنوتیپ ها نسبت به پاتوتیپ‌های مختلف بر روی داده ها تجزیه واریانس مرکب انجام شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که میانگین مربعات اثرمتقابل ژنوتیپ × پاتوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. یعنی ژنوتیپ های مختلف در برابر پاتوتیپ‌های مختلف واکنش متفاوتی از خود نشان دادند. به‌عبارت دیگر ژنوتیپ های گندم واکنش یکسان ندارند و میانگین تیپ آلودگی و دوره نهان در هر ژنوتیپ از پاتوتیپی به پاتوتیپی دیگر متفاوت بود. این امر بیانگر این است که بعضی ژنوتیپ ها حداقل در برابر یک پاتوتیپ مقاوم و در مقابل پاتوتیپ‌های دیگر حساس بود. این نتایج می‌توانند نشان‌دهنده‌ی وجود مقاومت نژاد اختصاصی به پاتوتیپ مورد استفاده باشد. این نوع مقاومت در اکثر مواقع توسط ژن‌های محدودی کنترل می‌شود و مقاومت حاصل ناپایدار است. نتایج حاصل با نتایج سایر محققان نیز مطابقت داشت (Omrani *et al.,* 2016).

واکنش ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر دوره نهان و تیپ آلودگی نشان داد که اکثر ژنوتیپ مورد بررسی حساس با تیپ آلودگی ۴-۳ (H) دارای دوره نهان بین ۶-۵ روز، نیمه‌حساس تا نیمه‌مقاوم با تیپ آلودگی ۲ (L) دارای دوره نهان هفت روز و مقاوم تا مصون با تیپ آلودگی ۱-۰ (L) دارای دوره نهان هشت روز بودند (جدول ۶). نتایج نشان داد که در ژنوتیپ های حساس ژن یا ژن‌های مقاومت به زنگ قهوه‌ای وجود ندارد، بنابراین بیشترین تیپ آلودگی و کمترین دوره نهان متعلق به این ژنوتیپ ها بود. ژنوتیپ های مقاوم دارای دوره نهان طولانی تری بودند. دامنه دوره نهان در این پژوهش برای ژنوتیپ های مقاوم و حساس بین ۱۲-۶ روز بود (جدول ۶). بخشی و همکاران در پژوهشی دامنه دوره نهان

جدول ۴- تجزیه واریانس برای دوره نهان و تیپ آلودگی ژنوتیپ‌های گندم نسبت به پاتوتیپ های زنگ قهوه ای

Table 4. Analysis of variance for latent period (LP) and infection type (IT) of wheat germplasm to leaf rust pathotypes

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (دوره نهان) MS (LP)				میانگین مربعات (تیپ آلودگی) MS (IT)			
			LR-98-15	LR-98-14	LR-98-12	LR-98-1	LR-98-15	LR-98-14	LR-98-12	LR-98-1
Replication	تکرار	1	0.002	0.002	0.016	0.04	6.76**	0.068	1.08	0.51*
Genotype	ژنوتیپ	319	1.320**	1.320**	0.744**	0.26**	10.46**	8.040**	7.06**	3.47**
Error	خطا	319	0.198	0.195	0.177	0.03	0.56	0.401	0.35	0.08
C.V. (٪)	درصد ضریب تغییرات		6.970	6.670	6.790	2.84	9.61	8.010	7.29	3.27

** and *: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب برای دوره نهان و تیپ آلودگی ژنوتیپ های گندم نسبت به پاتوتیپ‌های زنگ قهوه‌ای

Table 5. Combined analysis of variance for latent period and infection type of bread wheat genotypes to leaf rust pathotypes

S. O. V.	منبع تغییر	درجه‌آزادی df	میانگین مربعات MS دوره نهان Latent period	تیپ آلودگی Infection type
Pathotype (P)	پاتوتیپ	3	36.450**	45.22**
Rep × pathotype	تکرار × پاتوتیپ	4	0.034	2.09
Genotype (G)	ژنوتیپ	319	2.800**	22.96**
G × P	ژنوتیپ × پاتوتیپ	957	0.440**	2.02**
Error	خطا	1280	0.150	0.35
C.V. (٪)	در صد ضریب تغییرات		6.120	7.26

**: Significant at the 1% percent probability level.

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۶- واکنش ژنوتیپ های گندم در مرحله گیاهچه‌ای نسبت به پاتوتیپ‌های زنگ قهوه‌ای

Table 6. Reaction of wheat genotypes to leaf rust pathotypes at seedling stage

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15		شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15	
			IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP				IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP
1	Roshan	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	161	628084	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0
2	Tous	1	H	6.0	H	6.5	H	7.0	H	6.5	162	625047	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.5
3	Moghan2	2	H	6.0	H	6.0	L	8.0	H	6.5	163	626158	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
4	Shahpasand	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	164	624925	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
5	Hirmand	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	L	7.5	165	621619	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
6	Dehdasht	2	L	7.5	L	7.0	L	9.0	L	8.5	166	627299	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
7	Ohadi	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.5	167	623291	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
8	Neishabour	1	H	6.0	H	6.0	L	7.0	H	6.5	168	627849	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
9	Akbari	1	H	6.0	H	6.0	H	5.5	H	6.0	169	626978	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
10	Arya	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	L	8.5	170	627072	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
11	Mahdavi	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0	171	626908	1	H	5.5	H	6.0	H	6.0	H	6.0
12	Shiroodi	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	7.0	172	623421	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
13	Moghan3	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.5	173	623090	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
14	Dastjerdi	2	H	6.0	L	7.0	H	7.0	L	7.0	174	626234	2	H	6.0	L	7.5	L	7.0	L	6.5
15	Tabasi	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	175	627853	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
16	Tak-Ab	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	176	624805	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
17	Rashid	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	L	7.0	177	621565	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
18	Zare	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	178	626706	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
19	Homa	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.5	179	622063	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
20	Vee/Nac	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.5	180	626747	1	H	5.5	H	6.0	H	6.5	H	6.0
21	Akova	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	181	626573	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
22	Darab1	2	H	6.0	H	6.0	L	8.0	L	7.5	182	622247	3	L	8.5	L	9.5	L	9.0	L	10.5
23	Qabous	2	H	6.0	H	6.0	L	7.5	H	6.0	183	627990	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
24	Sabalan	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	184	626226	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
25	Maroon	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	185	626924	2	H	6.0	L	6.5	L	7.5	L	7.0
26	Sirvan	2	H	6.0	L	7.0	L	8.5	L	7.5	186	622084	3	L	7.0	L	10.0	L	9.0	L	8.5
27	Alborz	2	H	6.0	L	7.5	L	8.0	L	7.5	187	626482	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
28	Marvdasht	2	H	6.0	L	7.0	H	7.0	H	6.5	188	624849	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
29	Gahar	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	189	624576	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
30	Naz	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.5	190	626904	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
31	Omid	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	191	626895	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0

IT: Infection Type

LP: Latent Period

L: Low Infection Type

H: High Infection Type

TI: تیپ آلودگی

LP: دوره نهان

L: تیپ آلودگی پائین

H: تیپ آلودگی بالا

Table 6. Continued

ادامه جدول ۶-

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1 IT	LR-98-1 LP	LR-98-12 IT	LR-98-12 LP	LR-98-14 IT	LR-98-14 LP	LR-98-15 IT	LR-98-15 LP	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1 IT	LR-98-1 LP	LR-98-12 IT	LR-98-12 LP	LR-98-14 IT	LR-98-14 LP	LR-98-15 IT	LR-98-15 LP
32	Biston	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	192	627057	2	H	6.0	L	7.0	L	9.0	L	9.0
33	Azar2	1	H	5.5	H	6.0	H	6.5	H	6.0	193	627987	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
34	Shiraz	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	194	624582	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
35	Mihan	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	195	623909	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
36	Fong	2	H	6.0	L	6.5	L	8.5	L	7.0	196	627616	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
37	Seimareh	2	H	6.0	H	6.0	H	6.0	L	7.0	197	627102	1	H	6.0	H	6.0	H	5.5	H	6.0
38	Dena	2	L	7.0	L	6.5	L	8.5	L	8.0	198	623109	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0
39	Hamoon	2	H	6.0	H	6.0	L	8.0	L	7.0	199	623091	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
40	Alvand	1	H	6.0	H	6.0	H	5.5	H	6.0	200	625433	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
41	Yavaros	2	H	6.0	L	6.0	H	6.5	L	8.5	201	623161	1	H	6.0	H	6.5	H	6.5	H	6.0
42	Pishtaz	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	H	6.0	202	626699	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
43	Arta	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	203	627873	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
44	Inia	1	H	5.5	H	6.0	H	6.0	H	6.0	204	622379	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
45	Reyhani	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	205	627497	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
46	Karim	2	H	6.0	L	7.0	H	6.0	L	8.0	206	627587	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
47	Karaj1	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	207	623127	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
48	Dez	2	H	6.0	L	7.0	L	8.5	L	8.0	208	623507	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
49	Chamran2	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0	209	621650	2	H	6.0	H	6.5	L	8.0	H	7.0
50	Nicknejad	2	H	6.0	L	7.0	H	6.5	H	6.0	210	627066	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0
51	Frontana	2	H	6.0	L	6.5	L	8.0	L	9.0	211	627787	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
52	Mv17	2	H	6.0	H	6.0	H	7.0	L	7.0	212	623139	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
53	Bahar	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	L	7.5	213	621908	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
54	Sardari	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	5.5	214	624944	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
55	Rasoul	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	215	624846	1	H	5.5	H	5.5	H	6.0	H	6.0
56	Atrak	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0	216	623428	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	H	6.5
57	Bayat	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	217	622894	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
58	Falat	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.5	218	623162	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0

IT: Infection Type
LP: Latent Period
L: Low Infection Type
H: High Infection Type

IT: تیپ آلودگی
LP: دوره نهان
L: تیپ آلودگی پائین
H: تیپ آلودگی بالا

Table 6. Continued

ادامه جدول ۶-

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15		شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15	
			IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP				IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP
59	Darab2	2	H	6.5	L	6.5	H	7.0	H	6.0	219	628189	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
60	Tajan	2	H	6.0	L	6.5	L	8.0	H	6.5	220	624318	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
61	Kavir	2	H	6.0	L	7.0	L	9.0	L	8.0	221	626215	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
62	Bam	2	H	6.0	H	6.0	H	6.5	L	7.0	222	627414	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
63	Kaveh	2	H	6.0	H	6.0	L	8.0	L	7.5	223	627399	1	H	6.0	H	5.5	H	6.0	H	6.0
64	Moghan1	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	224	623318	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	L	8.0
65	Darya	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0	225	627963	3	L	7.5	L	8.5	L	9.0	L	8.0
66	Uruom	2	H	6.0	L	6.5	L	8.0	L	8.0	226	621706	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
67	Bezostaya	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	227	626358	1	H	6.0	H	6.0	H	5.5	H	6.0
68	Ofogh	2	H	6.0	H	6.0	L	8.0	H	6.0	228	623980	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
69	Azar1	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	229	626776	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
70	Sistan	2	H	6.0	H	6.0	L	7.0	H	6.0	230	625127	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
71	Koohdasht	2	H	6.0	L	6.5	H	7.0	H	6.0	231	623503	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
72	Navid	2	H	6.0	H	6.0	L	8.0	H	6.0	232	627881	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
73	Karaj2	2	L	7.0	L	7.0	L	9.0	L	8.0	233	623377	2	H	6.0	L	7.0	L	8.5	L	7.0
74	Chamran	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	234	627948	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
75	Gascogne	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	235	624818	2	H	6.0	L	7.0	H	6.0	L	12.0
76	Zarrin	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	236	623345	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
77	Deyhem	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	237	627908	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
78	Sharyar	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	238	623169	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0
79	Adl	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	239	627356	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
80	Panjamo62	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0	240	626943	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
81	Pishgam	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	L	7.0	241	627417	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
82	Sivand	1	H	5.5	H	6.0	H	5.5	H	6.0	242	628088	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	5.5
83	Shahi	1	H	6.0	H	5.5	H	6.5	H	6.0	243	626933	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
84	Arvand	2	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	7.0	244	623125	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
85	Morvarid	2	H	6.0	L	7.0	L	8.0	L	8.5	245	624980	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
86	Toubari	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	246	625281	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
87	Shinghai	2	H	6.0	L	6.0	L	8.5	L	8.0	247	623382	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
88	Karaj3	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	248	624580	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
89	Golestan	2	H	6.0	L	6.5	H	7.0	H	6.5	249	626883	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0

IT: Infection Type
LP: Latent Period
L: Low Infection Type
H: High Infection Type

TI: تیپ آلودگی
LP: دوره نهان
L: تیپ آلودگی پائین
H: تیپ آلودگی بالا

Table 6. Continued

ادامه جدول ۶-

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15		شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15	
			IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP				IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP
90	Star	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0	250	623136	2	H	6.0	L	7	H	7.0	L	7.5
91	Azadi	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	251	626923	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
92	Aflak	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	252	627099	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
93	Khazar1	2	L	7.0	L	7.5	L	8.0	L	8.5	253	626260	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
94	Zagros	2	H	6.0	L	7.0	L	8.5	L	8.5	254	623176	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
95	Sisons	2	H	6.0	H	6.0	L	8.0	H	6.0	255	621492	1	H	6.0	H	6	H	6.0	L	6.5
96	Karkheh	2	L	7.0	H	6.0	L	8.0	L	8.0	256	627723	2	H	6.0	L	7	L	8.0	L	8.0
97	Ghods	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	257	626565	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
98	Rijaw	2	H	6.0	L	7.5	L	8.0	L	7.5	258	624946	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
99	Sepahan	2	L	6.5	L	7.0	L	8.5	L	8.0	259	624894	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
100	Parsi	2	L	7.0	L	7.0	L	8.0	L	8.0	260	626958	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
101	DN-11	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.5	261	623417	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
102	80918	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	262	624378	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
103	4820	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	263	626872	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
104	626154	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.5	264	624381	3	L	8.5	L	8	L	9.0	L	8.5
105	627036	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	265	625810	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
106	626156	1	H	6.0	H	6.0	H	7.0	H	6.0	266	622311	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
107	627852	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0	267	627385	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.5
108	628114	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	268	624209	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
109	624985	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	269	623905	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
110	624837	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	270	627460	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
111	623473	1	H	6.0	H	6.5	H	7.0	H	6.5	271	627760	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
112	627359	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	272	625362	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
113	627038	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	273	623274	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0
114	621704	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	274	626736	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0
115	626566	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0	275	624585	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0

IT: Infection Type
LP: Latent Period
L: Low Infection Type
H: High Infection Type

TI: تیپ آلودگی
LP: دوره نهان
L: تیپ آلودگی پائین
H: تیپ آلودگی بالا

Table 6. Continued

ادامه جدول ۶-

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1 IT	LR-98-1 LP	LR-98-12 IT	LR-98-12 LP	LR-98-14 IT	LR-98-14 LP	LR-98-15 IT	LR-98-15 LP	شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1 IT	LR-98-1 LP	LR-98-12 IT	LR-98-12 LP	LR-98-14 IT	LR-98-14 LP	LR-98-15 IT	LR-98-15 LP
116	623508	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	276	624864	1	H	6	H	6.0	H	5.5	H	6.0
117	621735	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	277	625123	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
118	623338	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	278	626764	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
119	621668	1	H	6.0	H	6	H	7.0	H	6.0	279	624804	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
120	624320	2	H	6.0	L	6	H	6.5	L	7.0	280	626846	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
121	621421	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	281	626814	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
122	624240	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	282	626825	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
123	623344	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	283	624251	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
124	624941	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.5	284	623953	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
125	621716	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	285	626855	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
126	627236	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	286	623008	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
127	624911	1	H	6.5	H	6	H	6.5	H	6.0	287	621669	1	H	6	H	6.0	H	7.0	H	6.0
128	624990	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	288	624939	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
129	627484	1	H	5.5	H	6	H	6.0	H	6.0	289	626360	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
130	627688	1	H	6.0	H	6	H	7.0	H	6.0	290	624983	1	H	6	H	6.0	H	6.0	H	6.0
131	627416	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	291	627551	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
132	625661	2	H	6.0	H	6	H	6.5	L	6.5	292	621717	1	H	6	H	6.0	H	7.0	H	6.0
133	625081	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	293	624863	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
134	627061	2	H	6.0	L	7	L	8.0	L	12.0	294	626881	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
135	624315	1	H	6.0	H	6	H	7.0	H	5.5	295	624947	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
136	627103	1	H	6.5	H	6	L	7.0	L	7.0	296	624963	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
137	623475	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	297	623123	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
138	624596	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	298	623069	1	H	6	H	5.5	H	6.0	H	6.0
139	626744	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	299	624901	1	H	6	H	6.0	H	6.5	H	6.0
140	623506	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	300	624215	1	H	6	H	6.0	L	7.0	L	6.5

IT: Infection Type
LP: Latent Period
L: Low Infection Type
H: High Infection Type

TI: تیپ آلودگی
LP: دوره نهان
L: تیپ آلودگی پائین
H: تیپ آلودگی بالا

Table 6. Continued

ادامه جدول ۶-

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15		شماره No.	ژنوتیپ Genotype	خوشه Cluster	LR-98-1		LR-98-12		LR-98-14		LR-98-15	
			IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP				IT	LP	IT	LP	IT	LP	IT	LP
141	623510	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	301	624861	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
142	627845	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	302	627055	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
143	627856	3	L	7.5	L	10	L	9.0	L	8.5	303	626932	1	H	6.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
144	627360	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	304	624838	2	L	7.0	H	6.0	H	6.5	H	6.0
145	627883	1	H	5.5	H	6	H	6.0	H	6.0	305	621736	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
146	623379	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	306	621869	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
147	624910	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	307	621910	1	H	6.0	H	6.0	L	7.0	H	6.0
148	623908	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	308	628012	2	H	6.5	L	6.5	L	7.0	L	7.5
149	624900	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	309	622099	3	L	8.0	L	10.0	L	8.0	L	10.5
150	627054	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	310	622105	2	H	6.0	L	8.0	L	8.5	L	12.0
151	626223	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	311	621420	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
152	627189	2	H	6.0	L	7	L	8.0	L	7.0	312	623266	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
153	627466	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	313	621712	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
154	627423	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	314	620903	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
155	627410	1	H	6.0	H	6	H	7.0	H	6.0	315	625139	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
156	625080	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	316	622098	1	H	6.0	H	6.0	H	6.0	H	6.0
157	627842	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	317	625263	1	H	6.0	H	6.0	H	5.5	H	6.0
158	627043	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	318	622264	3	L	8.5	L	10.0	L	8.5	L	10.5
159	624956	1	H	6.0	H	6	H	6.0	H	6.0	319	622272	2	L	8.0	L	6.0	L	8.0	L	8.0
160	626261	1	H	6.0	H	6	H	6.5	H	6.0	320	627905	2	H	6.0	H	6.5	L	8.0	L	7.0

IT: Infection Type
LP: Latent Period
L: Low Infection Type
H: High Infection Type

TI: تیپ آلودگی
LP: دوره نهان
L: تیپ آلودگی پائین
H: تیپ آلودگی بالا

ارقـام مقـاوم و حسـاس را ۱۲-۷ روز گـزارش کردند (Bakhshi *et al.,* 2015) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. با وجود ایـن یـک رقـم زراعـی ممکـن اسـت در مراحـل اولیـه رشـد بـه بیماری حساسیت نشان دهد ولی در مراحل گیـاه کامل مقاومت نشـان دهـد. مکینتـاش وهمکـاران (Mcintosh *et al.*, 1988) بیـان کردنـد کـه تجمع ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای و گیـاه کامـل در افزایش مقاومت ارقام مؤثر است.

نتـایج نشـان داد واکـنش ژنوتیـپ هـای موردبررسـی در مقابـل پاتوتیپ‌هـای مختلـف متفـاوت بـود. اکثـر ژنوتیـپ هـا در مقابـل پاتوتیپ‌هـا حسـاس بودنـد، به‌طوری کـه بـه ترتیب ۹۵، ۸۳، ۸۱ و ۸۲ درصد از ژنوتیـپ هـا نسبت بـه پاتوتیپ‌هـای LR-98-1، LR-98-12، LR-98-14 و LR-98-15 حسـاس بودنـد (جـدول ۶). چهـارده ژنوتیـپ (۴/۳۸ درصـد) از کـل ژنوتیـپ هـا در مقابـل هـر چهـار پاتوتیپ مقاوم بودند. این ژنوتیپ ها شامل ارقـام تجاری دهدشت، دنـا، کـرج ۲، خـزر ۱، سپاهان و پارسـی بودنـد. مهـاجروطن و همکـاران (Mohajervatan *et al.,* 2016) نیـز ایـن ارقـام را جـز ارقـام مقـاوم معرفـی کردنـد. بعـلاوه ارقام بومی ۶۲۲۲۷۲ (آمل، مازنـدران)، ۶۲۲۲۶۴ (بابـل، مازنـدران)، ۶۲۲۰۹۹ (رشـت، گـیلان)، ۶۲۴۳۸۱ (کرمانشـاه، کرمانشـاه)، ۶۲۲۰۸۴ (سـاری، مازنـدران)، ۶۲۷۹۶ (همـدان، همـدان)، ۶۲۲۲۴۷ (سـاری، مازنـدران) و ۶۲۷۸۵۶ (ساری، مازندران) نیز در برابر هر چهار پاتوتیـپ در مرحله‌ی گیاهچه‌ای مقـاوم بودنـد (جـدول ۶). تقریبا کلیه ارقام بـومی ذکرشـده متعلـق بـه اقلـیم گرم و مرطوب شمال هستند.

کرثو وهمکاران (Kertho *et al.,* 2015) در پژوهشـی بـر روی جمعیتـی از گنـدم نـان بـرای مقاومـت بـه زنـگ قهـوه‌ای و زنـگ زرد انجـام دادنـد، نتـایج نشـان داد کـه در جمعیـت موردبررسی شش رقم بومی کـه متعلـق بـه ایـران بودند نسبت به کلیه پاتوتیپ‌هـای زنـگ قهـوه‌ای و زنگ زرد استفاده‌شده مقاوم بودند. نتـایج ایـن پژوهش نشـان می‌دهـد ارقـام بـومی ایـران دارای ژن‌هـای مقاومـت بـه زنگ‌هـا هسـتند و بنـابراین امکـان اسـتفاده از آنهـا در برنامـه‌های بـه‌نژادی گندم بـرای ایجـاد ارقـامی بـا مقاومـت بـه زنـگ میسـر اسـت کـه در نهایـت در صـورت داشـتن خصوصیات مطلوب زراعی شانس بیشتری بـرای معرفی به‌عنوان رقم مقاوم خواهند داشت.

سـایر پژوهشـگران وجـود ژن‌هـای مقاومـت را در ارقـام بـومی بـرای بیماری‌هـای زنـگ غـلات و سـایر بیماری‌هـا گـزارش کرده‌انـد (Bonman *et al.*, 2007; Bux *et al.*, 2012; Newcomb and Acevedo, 2013; Zurn *et al.*, 2014; Gurung *et al.*, 2014). عـلاوه بـر ایـن ارقـام هیرمنـد، آریـا، رشـید، سـیروان، فونـگ، فرونتانـا، بهـار، کـویر، اروم، پیشـتاز، شـانگهای، زاگرس، ریژاو، دز و ده ژنوتیپ بـومی نسبت بـه سـه پاتوتیـپ LR-98-12، LR-98-14 و LR-98-15 مقـاوم بودنـد (جـدول ۶). دادرضـایی و همکاران (Dadrezaei *et al.,* 2015) نیـز نشـان

دادند که ارقام البرز، آریا، تجن، دز، هیرمند، کویر، زاگرس، پیشگام، اروم و کرخه در مرحله‌ی گیاهچه‌ای نسبت به برخی پاتوتیپ‌های زنگ قهوه ای مقاوم و نسبت به برخی حساس بودند که با نتایج این بررسی مطابقت داشت.

همبستگی بین دوره نهان و تیپ آلودگی نشان داد که بین این دو صفت همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۷). به‌عبارتی با افزایش تیپ آلودگی دوره نهان کوتاه‌تر می‌شود. سایر پژوهشگران نیز همبستگی بین این دو صفت را منفی و معنی‌دار اعلام کردند (Torabi *et al.,* 2003; Khodarahmi *et al.,* 2014; Mirzania *et al.,* 2015; Omrani *et al.,* 2016). انتخاب ژنوتیپ‌هایی با دوره نهان طولانی‌تر برای مناطقی که فصل رشد زنگ بسیار کوتاه است می‌تواند از اهمیت زیادی برخوردار باشد، زیرا شانس گسترش بیماری را به بیمارگر نمی‌دهد و با رسیدن زود هنگام محصول از بیماری فرار می‌کند (Torabi *et al.,* 2003).

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین تیپ آلودگی و دوره نهان در ژنوتیپ های گندم در برابر پاتوتیپ‌های زنگ قهوه‌ای

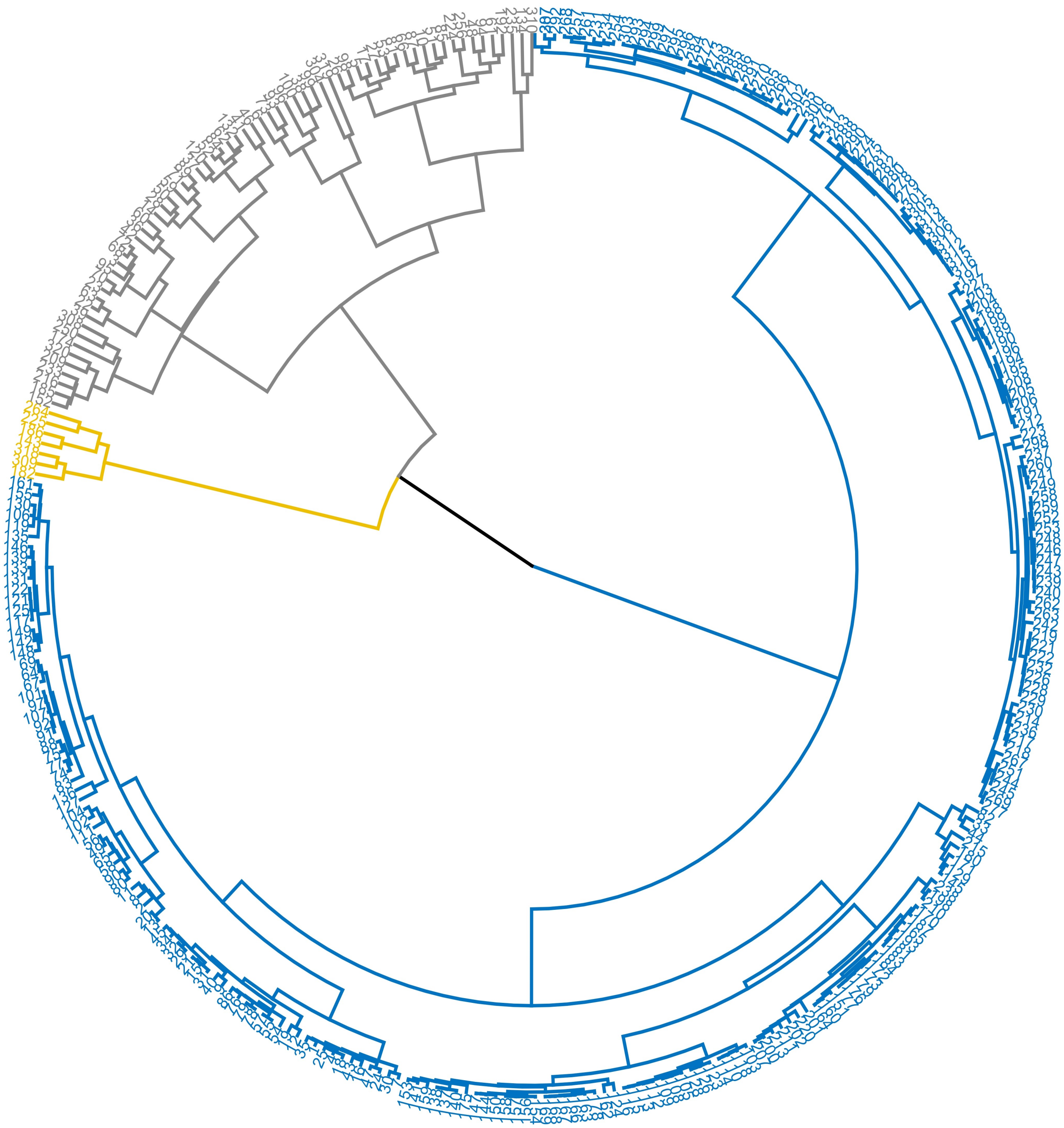
Table 7. Correlation coefficients between infection type and latent period in wheat genotypes against leaf rust pathotypes

		LR-98-1	LR-98-12	LR-98-14	LR-98-15
Correlation Coefficient	ضریب همبستگی	-0.930**	-0.903**	-0.926**	-0.892**

**: Significant at the 1% percent probability level.

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم موردبررسی را در سه گروه حساس، نیمه حساس تا نیمه مقاوم و مقاوم تا مصون گروه‌بندی کرد (جدول۶ و شکل ۱). گروه اول که رقم حساس بولانی نیز در آن جای داشت، حدود ۷۷/۵ درصد (۲۴۸ ژنوتیپ) از ژنوتیپ ها را شامل شد. میانگین تیپ آلودگی در این گروه ۸/۸۶ (IT = ۳+ و ۴) و میانگین دوره نهان ۶/۰۷ روز بود. ژنوتیپ های این گروه حداکثر تیپ آلودگی و حداقل دوره نهان را داشتند. درنتیجه این گروه حساس نامیده شد. کومار و همکاران (Kumar *et al.,* 2020) در پژوهشی مشخص کردند که بیش از ۷۰ درصد جمعیت موردبررسی نسبت به پاتوتیپ‌های زنگ قهوه‌ای مقاوم بود، در حالی که ساپکوتا و همکاران (Sapkota *etal.,*2019) بیان کردند که بیش از ۷۰ درصد جمعیت موردبررسی به زنگ قهوه‌ای حساس بود که با نتایج این بررسی مطابقت داشت. موضوع حائز اهمیت این است که امکان بروز مقاومت گیاه کامل در



شکل ۱- دندوگرام واکنش ژنوتیپ های گندم در برابر پاتوتیپ‌های زنگ قهوه‌ای در مرحله‌ی گیاهچه‌ای

Fig. 1. Dendrogram of reaction of wheat genotypes to leaf rust pathotypes at seedling stage

ژنوتیپ هایی که در مرحله گیاهچه حساسیت نشان می‌دهند منتفی نیست، این امر در مورد زنگ‌های غلات و تعدادی دیگر از بیماری‌ها به اثبات رسیده است (Roelfs *et al*., 1992).

گروه دوم با میانگین تیپ آلودگی ۶/۰۴ (IT = ۲) و دوره نهان هفت روز، ۲۰ درصد (۶۵ ژنوتیپ) از ژنوتیپ ها را شامل شد. ژنوتیپ های این گروه جز ژنوتیپ های نیمه‌حساس تا نیمه‌مقاوم بودند (جدول ۶ و شکل ۱). ارقام مغان ۲، هیرمند، دهدشت، آریا، دستجردی، رشید، داراب ۱، قابوس، سیروان، البرز، مرودشت، فونگ، سیمره، دنا، هامون، یاواروس، پیشتاز، کریم، دز، نیک‌نژاد، فرونتانا، MV17، بهار، داراب ۲، تجن، کویر، بم، کاوه، اروم، افق، سیستان، کوهدشت، نوید، کرج ۲، پیشگام، اروند، مروارید، شانگهای، گلستان، خزر ۱، زاگرس، سیسون، کرخه، ریجاو، سپاهان و پارسی، بعلاوه ۱۹ ژنوتیپ بومی در این گروه قرار داشتند (جدول ۶).

با مقایسه نتایج تجزیه خوشه ای با اطلاعات جدول ۶ مشخص شد که این ارقام در برابر حداقل یک و حداکثر سه پاتوتیپ موردبررسی مقاوم بودند. همچنین با بررسی میانگین تیپ آلودگی این ژنوتیپ‌ها مشخص شد که مقاومت این ژنوتیپ‌ها در برابر اکثر پاتوتیپ‌ها مقاومت کامل (Complete resistance) نیست. مهاجروطن و همکاران (Mohajervatan *et al*., 2016) بر اساس تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم را در دو گروه حساس و مقاوم طبقه‌بندی کردند. ارقام کوهدشت، البرز، فرونتانا جزو ارقام نیمه‌مقاوم بودند که نتایج آنها با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

گروه سوم با میانگین تیپ آلودگی ۲/۸ (IT = ۰-۱) و دوره نهان ۸/۱۰ روز، تنها حدود پنج درصد (۱۵ ژنوتیپ) از ژنوتیپ ها را شامل شد. ژنوتیپ های این گروه جزو ژنوتیپ های مقاوم تا مصون بودند (جدول ۶ و شکل ۱). کلیه ژنوتیپ های این گروه جزو ارقام بومی بودند که در برابر کلیه پاتوتیپ‌ها مقاوم بودند. ابراهیمیان و همکاران (Ebrahimian *et al*., 2019) نیز ژنوتیپ‌های گندم بررسی‌شده را در چهار گروه حساس، نیمه حساس، نیمه مقاوم و مقاوم طبقه‌بندی کردند.

بر اساس تجزیه‌وتحلیل‌های انجام‌شده، حدود ۷۸ درصد از ژنوتیپ های مورد بررسی در مرحله گیاهچه‌ای نسبت به زنگ قهوه‌ای حساس بودند. ژنوتیپ های مقاوم شناسایی‌شده شامل ارقام دهدشت، دنا، کرج ۲، خزر ۱، سپاهان و پارسی و مخصوصا ارقام بومی می‌توانند برای استفاده در برنامه های به نژادی گندم مورد استفاده قرار گیرند.

بررسی بیشتر این ژنوتیپ های برای شناسایی ژن‌های مقاومت با استفاده از مارکرهای مولکولی پیشنهاد می‌شود. ازآنجایی‌که مقاومت شناسایی‌شده در این ژنوتیپ ها مقاومت اختصاصی وابسته به نژاد است، در استفاده از این

نوع مقاومت و کاربرد آن بایستی احتیاط‌های لازم به عمل آید. همچنین بررسی ژنوتیپ های موردمطالعه در مزرعه برای ارزیابی مقاومت گیاه کامل نیز پیشنهاد می‌شود.

References

Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., and Blackwell, M. M. 1996. Introductory mycology. 4th edition. John Wiley and Sons, New York, USA. 880 pp.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy. 327 pp.

Bakhshi, T., Bozorgipour, R., Afshari, F., and Kaviani, B. 2012. Evaluation of resistance of some wheat doubled haploid lines to virulence pathotype, the causal agent of wheat leaf rust. European Journal of Experimental Biology 2: 1486-1491

Bihamta. M. R., Ebrahimi. A., and Dashtaki. M. 2013. Genetic analysis of inheritance of resistance in some wheat cultivars to 134E134A+, 174E174A+ races of stripe rust. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (2): 316-326.

Bonman, J. M., Bockelman, H. E., Jin, Y., Hijmans, R. J., and Gironella A. I. N. 2007. Geographic distribution of stem rust resistance in wheat landraces. Crop Science 47: 1955-63

Bux, H., Ashraf, M., and Chen, X. 2012. Expression of high-temperature adult-plant (HTAP) resistance against stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici) in Pakistan wheat landraces. Canadian Journal of Plant Pathology 34: 68–74.

Chen, X. M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici) on wheat. Canadian Journal of Plant Pathology 27: 314–337.

Dadrezaie, S. T., Afshari, F., and Patpour, M. 2015. Evaluation of phenotypic resistance to rusts in some Iranian wheat genotypes in greenhouse and field conditions. Seed and Plant Improvement Journal 1 (31): 531-546 (in Persian).

De Jesus, W. C., do Vale, F. X. R., Coelho, R. R., and Costa, L. C. 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. Agronomy Journal 93 (5): 989-91.

Dinh, H. X., Singh, D., Periyannan, S., Park, R. F., and Pourkheirandish, M. 2020. Molecular genetics of leaf rust resistance in wheat and barley. Theoretical and Applied Genetics 133: 2035-50.

Dyck, P. L.1987. The association of a gene for leaf rust resistance with the chromosome 7D suppressor of stem rust resistance in common wheat. Genome 29: 467–469.

Ebrahimian, M., Nasrollahnezhad Ghomi, A., Zeynali Nezhad, Kh., and Ramezanpour, S. 2019. Evaluation of resistance to leaf rust at adult stage in some bread wheat cultivars. Journal of Plant Production 26 (3): 89-102 (in Persian).

Gurung, S., Mamidi, S., Bonman, J. M., Xiong, M., Brown-Guedira, G., and Adhikari, T. B. 2014. Genome-wide association study several novel quantitative trait loci associated with plant immunity against major leaf spot diseases of spring wheat. PLoS One 9 (9): e108179

Herrera-Foessel, S. A., Singh, R. P., Huerta-Espino J., Rosewarne, G. M., Periyannan, S. K., Viccars, L., Calvo-Salazar, V., Lan, C., and Lagudah, E. S. 2012. Lr68: a new gene conferring slow rusting resistance to leaf rust in wheat. Theoretical and Applied Genetics 124 (8):1475–86.

Hiebert, C. W., Thomas, J. B., McCallum, B. D., Humphreys, D. G., DePauw, R. M., Hayden, M. J., Mago, R., Schenippenkoetter, W., and Spielmeyer, W. 2010. An introgression on wheat chromosome 4DL in RL6077 (Thatcher*6/PI250413) confers adult plant resistance to stripe rust and leaf rust (Lr67). Theoretical and Applied Genetics 121 (6):1083–1091.

Jin, Y., Szabo, L. J., and Carson, M. 2010. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of Berberis as an alternate host. Phytopathology 100: 432–435

Kertho, A., Mamidi, S., Bonman, J. M., McClean, P., and Acevedo, N. 2015. Genome-wide association mapping for resistance to leaf and stripe rust in winter habit hexaploid wheat landraces. PLoS One 10 (6): e0129580

Khodarahmi, M., Mohammadi, S. A., Bihamta, M. R., Majidi, E., and Jalal Kamali, M. R. 2014. Inheritance and combining ability of yellow rust resistance in some bread wheat commercial cultivars and advanced lines. Seed and Plant Journal 30: 531-544 (in Persian).

Kolmer. J. 2013. Leaf rust of wheat: pathogen biology, variation and host resistance. Forests 4: 70-84.

Kumar, D., Kumar, A., Chhokar, V., Gangwar, O. P., Bhaardwaj, S. C., Sivasamy, M. Sai Prasad, S. V., Prakasha, T. L., Khan, H. Singh, R., Sharma, P., Sheoran, S. Iquebal, M. A., Jaiswal, S., Angadi, U. B., Singh, G., Rai, A., Singh, G. P.,

Kumar, D., and Tiwari, R. 2020. Genome wide association studies in diverse spring wheat panel for stripe, stem and leaf rust resistance. Frontiers in Plant Science 3 (11):748

Line, R. 2002. Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review. Annual Review of Phytopathology 40: 75–118.

Marasas, C., Smale, M., and Singh, R. P. 2004. The economic impact in developing countries of leaf rust resistance breeding in CIMMYT related spring bread wheat. Economics Program Paper 04-01. CIMMYT. Mexico D. F. 39 pp.

McIntosh, R. A., Dubcovsky, J., Rogers, W. J., Morr, C., Appels, R., and Xia, X. 2014. Catalogue of gene symbols for wheat: 2013-2014 Suplement. 31 pp.

McIntosh, R. A. 1988. Genetic strategies for disease control. pp. 39-44. In: Proceedings of the Seventh International Wheat Genetic Symposium.

McIntosh, R. A., Wellings, C. R., and Park, R. F. 1995. Wheat rusts: An altas of resistance genes. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 213 pp.

Mirzania, M., Darvishnia, M., Ahmadi, H., Goudarzi, D., Nasrolahi, M. 2015. Study of resistance components at seedling stage to leaf rust (*Puccinia triticina* Eriksson) in some commercial cultivars. Iranian Journal of Plant Pathology 51 (2): 263-267 (in Persian).

Mohajervatan, F., Nasrollahnejad Ghomi, A. A., Kalate Arabi, M., and Dehghan, M. A. 2016. Evaluation of resistance to leaf rust in some wheat cultivars in field and greenhouse conditions. Journal of Crop Breeding 8 (20): 70-76 (in Persian).

Newcomb, M., and Acevedo, M. 2013. Field resistance to the Ug99 race group of the stem rust pathogen in spring wheat landraces. Plant Disease 97: 882–890

Omrani, A., Khodarahmi, M., and Afshari, F. 2016. The evaluation of stripe rust resistance sources in selected wheat genotypes to *Puccinia Striiformis* f. sp. tritici races. New Genetics 11 (4): 547-558 (in Persian).

Peterson, R. F., Campbell, A. B., and Hanahh, A. E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stems of cereals. Canadian Journal of Research 26: 496-500.

Qayoum, A., and Line, R.1985. High-temperature, adult-plant resistance to stripe rust of wheat. Phytopathology 75: 1121–1125.

Roelfs, A. P., Singh, R. P., and Saari, E. E. 1992. Rust disease of wheat: concepts and methods of disease management. CIMMIT. Mexico, D.F. 81 pp.

Sapkota, S., Hao, Y., Johnson, J., Buck, J., Aoun, M., and Mergoum, M. 2019. Genome-wide association study of a worldwide collection of wheat genotypes reveals novel quantitative trait loci for leaf rust resistance. Plant Genome 12: 190033. doi: 10.3835/ plantgenome2019.05.0033.

Shaner, G. 1980. Probits for analyzing latent period data in studies of slow rusting resistance. Phytopathology 70 (12): 1179-1182.

Shaner, G., and Hess, F. D. 1978. Equation for integrating components of slow leaf rusting resistance in wheat. Phytopathology 68: 1464-69.

Singh, R. P., Mujeeb-Kazi, A., and Huerta-Espino, J. 1998. Lr46: a gene conferring slow-rusting resistance to leaf rust in wheat. Phytopathology 88: 890–894.

Stackman, E. C., Stewart, D. M., and Loegering, W. Q. 1962. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. tritici. Agricultural Research Service. United State Department of Agriculture. 54 pp.

Torabi, M., Mardoukhi, V., Froutan, A., Aliramaei, M., Dadrezaie, S. T., Akbari Moghaddam, H., Rajaei, S., and Azimi, H. 2003. Virulence genes of *Puccinia recondita* f. sp. tritici, the causal agent of wheat leaf rust in some regions of Iran during 1995-1999. Seed and Plant Journal 18: 432-449 (in Persian).

Vale, F. X. R., Parlevliet, J. E., and Zambolim, L. 2001. Concepts in plant disease resistance. Fitopatologia Brasileira 26 (3): 577-589.

Zarandi, F., Afshari, F., and Rezaei, S. 2009. Study of resistance components at seedling stage and field resistance to leaf rust in some elite wheat lines. Seed and Plant Improvement Journal 1 (25): 569-584 (in Persian).

Zhang, D., Bowden, R.L., Yu, J., Carver, B. F., and Bai, G. 2014. Association analysis of stem rust resistance in US winter wheat. PLoS One 9 (7): e103747

Zurn, J. D., Newcomb, M., Rouse, M. N., Jin, Y., Chao, S., Sthapit, J., See, D. R., Wanyera, R., Njau, P., Bonman, J. M., Brueggeman, R., and Acevedo, M. 2014. High-density mapping of a resistance gene to Ug99 from the Iranian landrace PI 626573. Molecular Breeding 34 (3): 871–881